



TITLE:

液体金属の熱伝達の研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

笹野, 忠久

CITATION:

笹野, 忠久. 液体金属の熱伝達の研究. 京都大学, 1962, 工学博士

ISSUE DATE:

1962-06-19

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/210932>

RIGHT:

| | |
|---------------|-------------------------|
| 氏 名 | 笹 野 忠 久 |
| | ささ の ただ ひさ |
| 学 位 の 種 類 | 工 学 博 士 |
| 学 位 記 番 号 | 工 博 第 4 5 号 |
| 学 位 授 与 の 日 付 | 昭 和 37 年 6 月 19 日 |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当 |
| 研 究 科 ・ 専 攻 | 工 学 研 究 科 化 学 機 械 学 専 攻 |
| 学 位 論 文 題 目 | 液 体 金 属 の 熱 伝 達 の 研 究 |

(主 査)
 論文調査委員 教授 水科 篤郎 教授 吉田 文武 教授 永田 進治

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は液体金属の乱流熱伝達についての理論的ならびに実験的研究をまとめたもので5章よりなっている。

第1章の緒論では熱媒体としての液体金属の伝熱的特性と、その研究の歴史的過程につき述べ、さらに数多くの実験者の実験結果が Martinelli-Lyon の理論式による値より、30～40%低い原因についての諸説を分類しつぎの4項目になることを述べ、それぞれについて批判を加えている。

- 1) 液体金属—固体壁間の接触界面における伝熱抵抗。
- 2) 液体金属流への気体泡の同伴。
- 3) 運動量輸送理論の欠陥。
- 4) 熱量の乱流拡散係数が運動量のそれに等しくないこと。

最後に本研究の目的は上記の4項目のうち、3)を除いて、各項目について順次検討を加えて、液体金属の熱伝達における特異性を解明することにあると述べている。

第2章は液体の熱伝導度測定装置を製作し、液体を狭む固体水平面の間隔を変化することにより、固体壁—液体間の接触伝熱抵抗を測定するよう工夫し、この装置により、水銀—クロム鍍金面、水銀—ニッケル面、水銀—銅面間の接触抵抗を測定した結果を記述している。その結果銅は水銀とアマルガムを作り、水銀によく濡れるから接触抵抗は無視小であり、クロム面およびニッケル面には $(0.5 \sim 2) \times 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{hr}^\circ\text{C}/\text{kcal}$ の接触伝熱抵抗が存在することを見出している。しかしこの位の値ではペクレ数のかなり大きい場合(10,000以上)を除いては上述の理論値と実験値の不一致の全部を説明できるほど大きくはないと結論している。

第3章には水平円管内を乱流で流れる水銀流に定量的に窒素ガスを吹込んで同伴させ、これが熱伝達係数にいかなる影響を及ぼすかを見ようとした研究結果をまとめている。まず、気泡の挙動を伝熱部の両端に設けたガラス管を通し肉眼、写真、ならびに8mm映画により観察した結果を述べている。つぎに熱伝達

係数の値に対するガス混入の影響につき、ガスを容積比 1/5000~1/100 の割合で混入し実験している。その結果容積比 1/500 のガス混入の場合をガスを混入しない場合と比較すると約25%の伝熱係数の低下が見られることを述べている。つぎに気泡の挙動を解析し、水銀とガスの流量比により bubble flow, stratified flow, plug flow の3段階の存在することを確認し、bubble flow の場合について導いた面積阻害率と流量比の関係式が、実験値とよく一致することを述べている。また熱伝達係数の低下率は面積阻害率の増大するほど大になるが、比例関係は見られなかったと述べている。結論として、気体同伴現象は気体の量が少量でも熱伝達に顕著な影響をおよぼすから、これをできるだけ避ける必要がある。しかし多くの実験者はこの点に充分留意しているから前述の理論値と実験値の差の全部をこれに帰することはできないと述べている。

第4章はまず縦 25mm 横 150mm 長さ 4000mm の矩形ダクト中を水銀をレイノルズ数=20.000~100.000 の乱流で流し、熱は上方ジャケットから下方ジャケットへと貫流させて、水銀流中の温度分布および速度分布を入口から 3700mm の点で測定し、これより熱量と運動量の乱流拡散係数を実測した結果について述べている。その結果上記両乱流拡散係数の比はレイノルズ数とともに増大はするがこの実験範囲では常に1より小さいことを認めている。ついで、乱流の模型を仮定し、渦塊が移動する間に熱も運動量も外部に失い、その運搬効率は運動量のほうは常に1/1.5であるが、熱量のほうはプラントル数とレイノルズ数の関数として変化するという関係式を導出した。一方水銀の代わりに水あるいは空気を用いて乱流拡散係数の比を実験的に求めると常に1より大なる値を得るが、上述の模型理論を用いてこれらの水銀、空気、水の場合の実験値を説明することができた。さらにこの比の値を用いて Martinelli-Lyon の理論式を補正し、これに第2章の接触抵抗の実験結果を加味すると、熱伝達係数の実験値とよく合う理論式を得ることができた。また乱流拡散係数の比が実際は1より大であるにもかかわらず1に等しいとして Martinelli の理論を計算すると、水および空気の熱伝達係数の実験値とよく合う結果を得るが、この矛盾は上述の模型理論を用いると壁面近くの乱流の強さの小さい所では、この比の値が1より小さくなるので、中心部の1より大なる部分と消しあって、全体にわたり1に等しくなるのであろうと説明している。結論としては著者の模型理論は完全なものではないが、実験の結果とかなりよく合うと述べている。

第5章は結論で上述の各章の結論をまとめている。

論文審査の結果の要旨

乱流伝熱の研究は現在未だ発展段階にあるが、特に液体金属の熱伝達については、その研究の歴史が比較的浅いため、また物性が他の流体と著しく異なるため未解決の問題が多々ある。

著者は本論文において、そのうちの数点について系統的に研究を行ない、それぞれについて成果を得ている。すなわち熱伝達係数の実験値が理論値より低い原因と思われるもののうち固体面と液体金属の接触伝熱抵抗はある程度の大きさはあるが、特にペクレ数の大なる場合 (10.000以上) をのぞき主原因とはなり得ず、また液体金属流への気泡同伴は、少量でも熱伝達係数を著しく低下させるが、充分注意すればこれを防ぐことができるから、不一致の主原因とはなり得ず、熱と運動量の乱流拡散係数の比が1より小なることがペクレ数の値の中間部 (500~4000) では熱伝達係数低下の大きな原因であることを見出している。

また、熱と運動量の乱流拡散係数の比の水、空気、液体金属についての実験値を一つの渦模型を用いて統一的に説明している。

要するに本論文は液体金属の乱流熱伝達について実験的ならびに理論的研究を行なったものであり、その所論は未だ不完全な点を多く含んではいるが、この分野の研究に一知見を加え得たというべきであり、学術上實際上貢献することが少なくないと思われる。よって本論文は工学博士の学位論文として価値を有するものと認める。